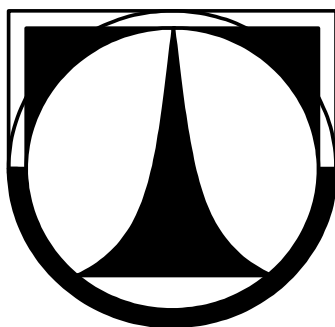


Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2007

Petr Palaštuk

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra energetických zařízení



Petr Palaštuk

Počítačový sběr dat z ventilátorové trati
Computer data collection from a ventilator line

Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Petr Novotný, CSc.
Konzultant bakalářské práce:	Petr Jerje
Rozsah práce:	29 stran
Počet stran:	40 stran
Počet obrázků:	7
Počet tabulek:	7
Počet grafů:	5
Počet příloh:	2

Liberec 2007

Anotace

Cílem práce bylo seznámit se s ventilátorovou tratí v laboratoři vzduchotechniky, navrhnout a zrealizovat systém automatizovaného sběru dat.

Součástí zadání bylo navržení a sestavení programu pro shromažďování dat s použitím měřidel dostupných v laboratoři. Dalším krokem bylo uskutečnit měření za účelem odzkoušení funkčnosti jednotlivých částí programu a čidel použitých při měření. V rámci možností byly navrženy další možnosti inovace a zpřesnění výpočtu.

Annotation

The aim of this writing was to familiarize with the ventilátor line in the air conditioning lab to suggest and to realize the systém of an authomatic data collection.

A part of the given assignment was to design and to make up a program for the data collection only by using the measuring Instruments which are available in the lab. The next step was to effect the measurements in order to test the functionallity of single program – parts and of sensors used by those measurements. If possible the east thing to do was to suggest some innovations and some other alternatives of the calculus specification.

Tady bude zadání od katedry.

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, dne 16.5.2007

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Dne 16.5.2007

Podpis:



Obsah

ANOTACE	II
ANNOTATION	III
MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ.....	V
PROHLÁŠENÍ	VI
OBSAH	1
POUŽITÉ JEDNOTKY A SYMBOLY	2
ÚVOD	3
SEZNÁMENÍ S ÚLOHAMÍ NA VENTILÁTOROVÉ TRATI	3
OSAZENÍ TRATI ČIDLY	6
<i>Stanovení rozsahu měření.....</i>	6
<i>Jednotlivé úlohy.....</i>	7
Měření průtočného množství pomocí dýz	7
Měření průtočného množství kolenovým průtokoměrem	7
Měření průtočného množství Thomasovým válcem	8
Měření průtočného množství pomocí clony	10
Měření průtočného množství ze střední rychlosti naměřeného rychlostního profilu.	10
<i>Souhrn parametrů měřidel.....</i>	11
<i>Dostupná měřidla</i>	13
SESTAVENÍ PROGRAMU V SYSTÉMU ADAMVIEW	14
VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....	17
<i>Dýza.....</i>	17
<i>Kolenový průtokoměr</i>	18
<i>Thomasův válec</i>	18
<i>Clona</i>	19
<i>Měření rychlostního profilu.....</i>	20
<i>Shromáždění dat klasicky</i>	20
JEDNOTLIVÉ ČÁSTI PROGRAMU	24
<i>Schéma rozložení.....</i>	24
<i>Ukázka zdrojového textu programu.....</i>	26
ZÁVĚR.....	28
LITERATURA:	29
SEZNAM PŘÍLOH	30

Použité jednotky a symboly

	označení	zákonné SI jednotky		další jednotky
teplota	t	K	Kelvin	°C
tlak	p	Pa	Paskal	
průměr	d, D	m	metr	mm
výška	h	m	metr	mm
elektrický proud	I	A	Ampér	
elektrický napětí	U	V	Volt	
otáčky	n	Hz	Hertz	ot/min
hustota	ρ	kg/m ³		
tíhové zrychlení	g	m/s ²		
hmotnostní průtok	m	kg/s		
objemový průtok	V	m ³ /s		
sklon	y	-		
relativní vlhkost	φ	-		%
součinitel průtoků	α	-		
expanzní součinitel	ε	-		
Reynoldsovo číslo	R_{ed}	-		
kinematická viskozita	ν_{cl}	m ² /s		

Úvod

Ventilátorová trať byla dána do provozu koncem sedmdesátých let. Od té doby se na trati provádí laboratorní cvičení, které nedostalo žádné výrazné inovace. Jednou z větších změn kterými trať prošla byla změna pohonného ústrojí, kdy bylo soustrojí Ward-Leonard nahrazeno asynchronním motorem doplněným frekvenčním měničem. Díky tomu že nedošlo k výrazné modernizaci chybí zde ukázka současného využití výpočetní techniky při měření.

Seznámení s úlohami na ventilátorové trati

Ventilátorová trať v laboratoři vzduchotechniky na katedře energetických zařízení se využívá v laboratorních cvičeních v předmětech energetické stroje a technická měření. Trať je osazena různými druhy měřidel pracujících na různém principu. Na trati je umístěn radiální ventilátor se štítkovými parametry. Deklarované stlačení 29000 Pa, průtočné množství 800 m³/h na štítku. Sám ventilátor a jeho regulace je vybrána z velké škály možností. Regulace otáček pomocí asynchronního motoru bez speciálních úprav o výkonu 2 KW, vstupním napětí 400V a 1400 ot. za minutu při 50Hz a střídačem Siemens MICROMASTER 420, který umožňuje plynulou regulaci řídicí frekvence motoru 0 až 50 Hz, což bude v případě řízení PC realizováno analogovým vstupem 0 až 10 V. Průtočné množství lze regulovat pomocí otevírání dýz s různými průměry. Další možnost spočívá ve škrcení na výtlaku armaturou tvaru kužele vstupujícího do proudu tekutiny, který způsobuje snížení volného průřezu. Škrťací armatura se instaluje místo úlohy měření rychlostního profilu. Využívá se hlavně pro úlohu stanovení charakteristik ventilátoru.

Ventilátorová trať je osazena měřidly pracujícími na principu protékání vzduchu danou plochou potrubí za vzniku tlakové difference. Dýza je zařízení se čtyřmi danými otvory o daném

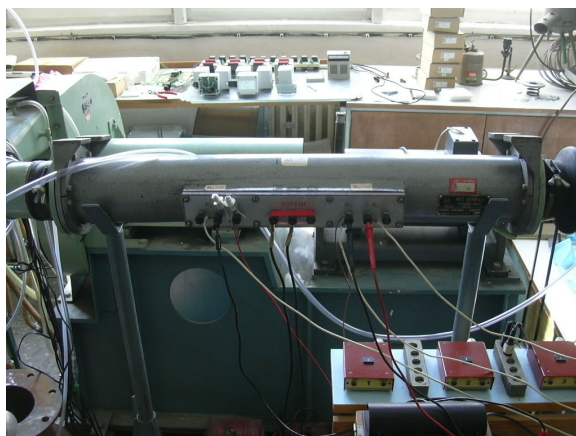


průřezu a speciálním kruhovém tvaru, aby docházelo k co nejmenším ztrátám tlaku při průchodu tekutiny. Toto zařízení způsobuje snížení tlaku na sání ventilátoru.

Těsně za ventilátorem je umístěno koleno, na kterém je instalováno kolenové měřidlo. To měří na principu změny směru toku tekutiny, kde se směr mění o 90° . Změna směru se projeví v rozdílu tlaků na vnitřní a vnější straně kolene.



Proudící vzduch vstupuje do Thomasova válce, který patří do skupiny kalorimetrických měřidel. Vzduch je ohříván topnou spirálou o konstantním výkonu a podle zvýšení teploty určíme proudící množství. K měření teplot je používána odporová teploměrná mřížka. Ta je poškozena a není schopna plnit svou funkci. Proto je nutné ji nahradit. Nejvhodnější by bylo použití několika



termočlánků tak, aby došlo k co nejpřesnějšímu změření průměrné teploty proudícího vzduchu. Při prováděném měření jsou nahrazeny pouze jedním termočlánkem z důvodu nenarušení chodu probíhajících cvičení.

Za Thomasovým válcem je umístěna clona. Měřidlo je založené na principu snížení tlaku při průchodu tekutiny daným průřezem potrubí. Tato komorová clona je volena tak, aby co nejlépe měřila průtočné množství tekutiny dodávané ventilátorem dle jeho štitkových parametrů.

Na konci ventilátorové trati je umístěno zařízení na měření rychlostního profilu. Tlaková diference je měřena Prandtlovou trubicí. Z důvodu zkrácení doby měření rychlostního profilu, je tedy prováděno na deseti kontrolních místech jedné osy za předpokladu ustáleného proudění.





Dalšími potřebnými úlohami k měření na trati je měření barometrického tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu v laboratoři pro potřebné počáteční parametry úloh.

Ventilátorová trať i způsob měření jsou používány od 70. let minulého století. Většina měření probíhá klasickým způsobem, pouze měření průtočného množství pomocí clony se provádí i pomocí počítače.

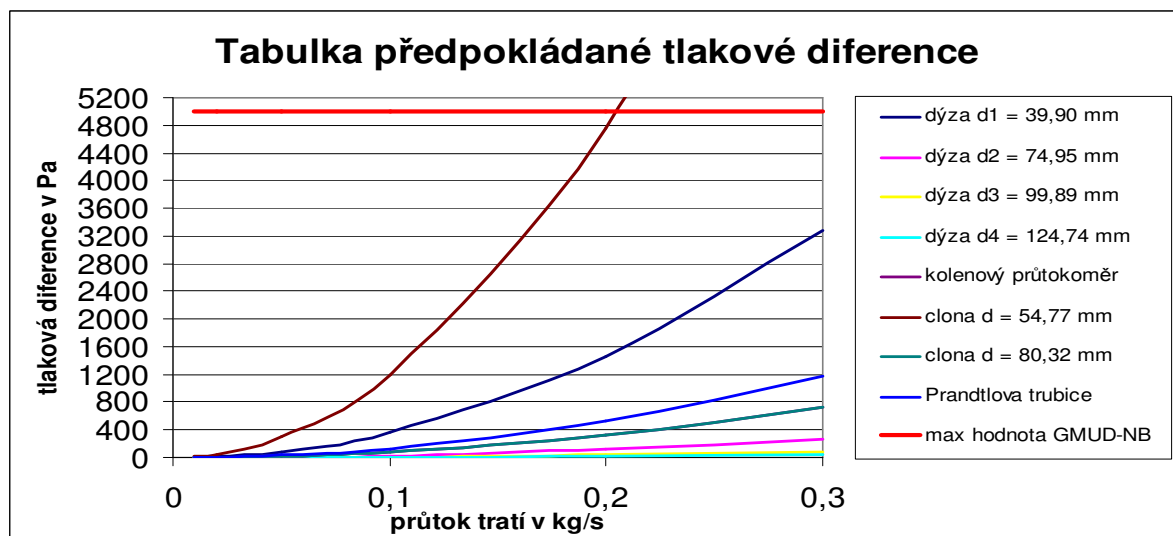
Osazení trati čidly

Stanovení rozsahu měření

Nejdříve než začneme osazovat trať měřidly. Je nutné stanovit rozsahy měřidel. Tyto parametry stanovíme ve frekvenčním rozsahu ventilátoru 0-50 Hz. Parametry jednotlivých měřidel pro měření klasickou metodou získáme z dřívějších laboratorních měření. Další podrobnosti jsou zpracovány v použité literatuře [5]. Předpokládané rozsahy jsou uvedeny v tabulce 1 a grafu 1, které ukazují naměřené tlakové difference při různých průtocích. Jen tlaková difference na cloně o průměru 54,77 mm při průtoku vyšším než 0,2 kg/s převyšuje horní hranici „převodníku tlaku“ GMUD-NB, která je naznačena červeně. Tento převodník tlaku bude využíván k měření tlakových diferencí.

Tabulka tlakové difference na jednotlivých místech v Pa							
Průtočné množství v kg/s		0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3
dýza	$d_1 = 39,90$ mm	3,6	14,6	91	364,1	1456,4	3276,8
dýza	$d_2 = 74,95$ mm	0,3	1,2	7,3	29,2	116,8	262,9
dýza	$d_3 = 99,89$ mm	0,1	0,4	2,3	9,2	37	83,2
dýza	$d_4 = 124,74$ mm	0	0,2	0,9	3,8	15,2	34,2
kolenový průtokoměr		0,8	3,3	20,5	82	328	738,1
clona	$d = 54,77$ mm	11,9	47,6	297,2	1189	4756	10700,9
clona	$d = 80,32$ mm	0,8	3,2	20,2	81	324	729
Prandtlůva trubice		1,3	5,2	32,4	129,7	518,7	1167

Tabulka 1 – tlaková difference



Graf 1 – vyhodnocení tlakové difference

Jednotlivé úlohy

Měření průtočného množství pomocí dýz

Měření průtočného množství vzduchu ventilátorovou tratí pomocí dýz stanovíme odečtením tlakové difference. Vzhledem k tomu, že jsou dýzy umístěny v sací části ventilátoru, je hodnota tlaku za dýzou menší než tlak barometrický. Tento podtlak je stejný jako tlaková difference vytvořená dýzou. Schéma a popis tohoto měřidla je v následném obrázku.

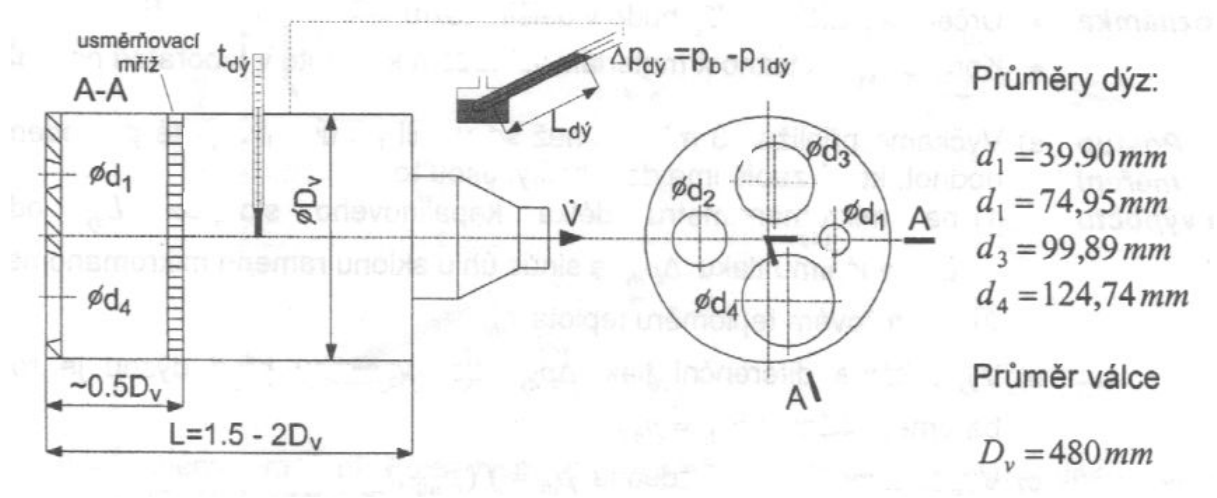


Schéma měření pomocí válce s dýzami

Před měřením klasickou metodou je nutné stanovit hodnotu barometrického tlaku a teploty v laboratoři. Tyto hodnoty jsou potřebné pro stanovení hustoty vzduchu proudícího otevřenou dýzou. Pro měření tlakové difference a teploty u klasické metody využíváme sklonného manometru a rtuťového teploměru. Díky nepřesnosti odečítání hodnot tuto úlohu osadíme digitálními měřidly. K měření teploty jsme využili termočlánků typu K a k měření tlakové difference „[převodník tlaku](#)“ GMUD – NB viz. příloha I s rozsahem 0 – 50 mbaru. Výpočty prováděné klasickou metodou i pomocí PC byly zpracovány podle návodů z literatury [1].

Měření průtočného množství kolenovým průtokoměrem

Měření průtočného množství vzduchu ventilátorovou tratí pomocí kolenového průtokoměru umístěného na výtlaku ventilátoru je možné s využitím změny směru proudění v pravoúhlém koleně. Rozdělení tlaků na vnějším a vnitřním oblouku kolena je uvedeno na schématu.

Protože největší tlakový rozdíl ΔP je v ose kolena, snímá se pro účely měření průtoku tlakový rozdíl v ose souměrnosti kolena podle schématu.

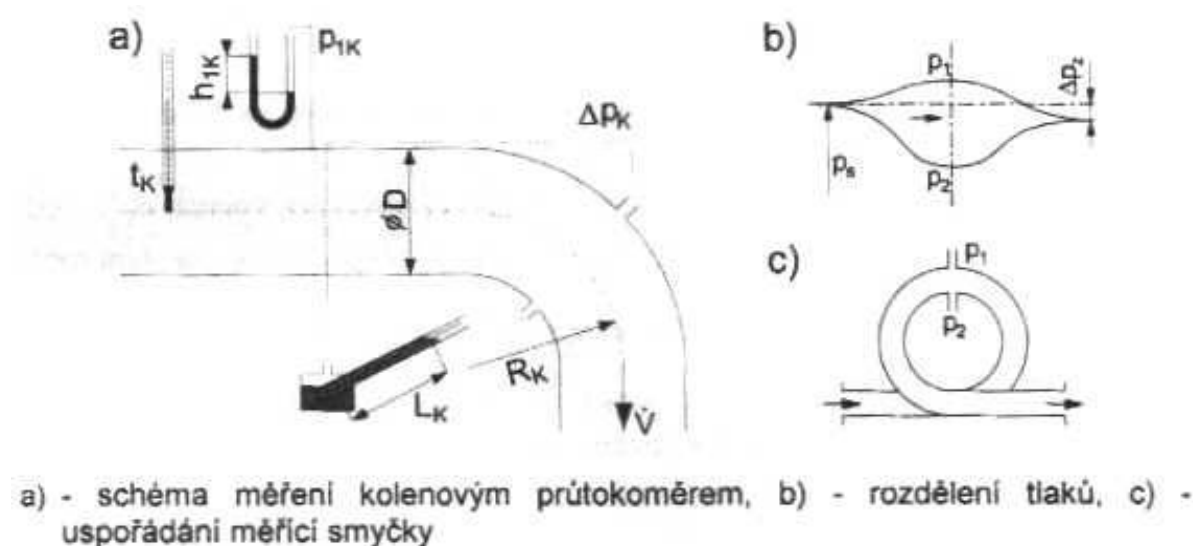


Schéma kolenového průtokoměru

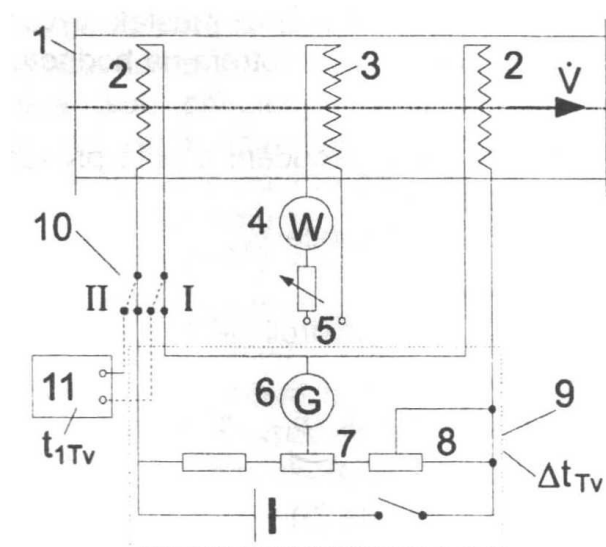
Rozdíl tlaků ΔP naměříme pomocí sklonného manometru s paralelně zapojeným převodníkem tlaku GMUD – NB pro sběr dat pomocí PC. Tyto hodnoty jsou velmi malé. Vhodnost převodníku tlaku bude nutno ještě ověřit. Statický tlak před kolenem odečteme z U-manometru s paralelně zapojeným převodníkem tlaku GMUD – NB pro sběr dat pro PC. Teplotu budeme nuceni odečíst až z programu ADAMView z důvodu poškození vstupní odporové mřížky Thomasova válce, kterou jsme nahradili skupinou 2 termočlánků typu K. Touto pomocí můžeme do výpočtu průtočného množství převést reálná data pro vyhodnocení hustoty vzduchu proudícího kolenem. Z literatury [1] bude čerpán postup pro výpočet klasickou metodou a pomocí PC.

Měření průtočného množství Thomasovým válcem

K měření průtočného množství vzduchu dochází pomocí Thomasova válce umístěného na výtlaku ventilátoru. Thomasův válec patří do skupiny tzv. tepelných průtokoměrů, které měří hmotnostní průtok plynů. Princip měření spočívá v ohřevu měřeného plynu konstantním tepelným tokem a v měření rozdílu teplot plynu před a za ohřevacím tělesem.

Základní částí průtokoměru je ocelový válec, ve kterém je vložena elektricky vytápěná mřížka, jejíž příkon lze regulovat proměnlivým odporem a měřit wattmetrem. Ohřátí proudícího vzduchu z původní teploty t_{1Tv} na teplotu t_{2Tv} se měří dvěma odporovými

teploměry zhotovenými ve tvaru drátěných mřížek. Tyto teploměry jsou zapojeny do protilehlých větví Wheastova můstku, pro jehož vyrovnaní lze na vyrovnávacím odporu, se stupnicí ocejchovanou ve ($^{\circ}\text{C}$), odečíst přímo teplotní rozdíl Δt_{Tv} .



Thomasův válec

1. válec
2. odporové teploměr
3. el. Vytápěná mřížka
4. wattmetr
5. autotransfornátor
6. galvanoměr
7. potenciometr
8. potenciometr korekce
9. odečítací přístroj MO27 na odečtení rozdílu teplot Δt_{Tv}
10. přepínač měřicích míst:
I- Δt_{Tv} , II- t_{1Tv}
11. můstek MLG pro měření t_{1Tv}

Schéma Thomasova válce

Tato úloha pro měření klasickou metodou je ohrožena z důvodu jejího stáří a nefunkčnosti některých jejích částí. Jedna z poškozených částí je odporová mřížka, pomocí které se měří teplota vzduchu na vstupu do Thomasova válce. Proto jsme navrhli nahradit tuto odporovou mřížku několika termočlánky, aby došlo k co nejlepšímu pokrytí průměrné teploty proudícího vzduchu. To bude možné až po zprovoznění počítačového sběru dat. Počítačově odečítat se budou teploty před a za ohřívacím tělesem. Pomocí U-manometru s paralelně zapojeným převodníkem tlaku zjistíme tlak před Thomasovým válcem, který využijeme u této i u předchozí úlohy. Před začátkem měření je nutné stanovit počáteční vlastnosti proudícího vzduchu ventilátorovou trati. Počáteční hodnoty se skládají z barometrického tlaku, relativní vlhkosti a příkonu topného tělesa.

Měření průtočného množství pomocí clony

Měření průtočného množství clonou pracuje na stejném principu, jako měření pomocí dýz. Měří se tak rychlost proudu protékajícího danou plochou potrubí. Rychlost je úměrná tlakové diferenci na cloně. Clona je k tomuto účelu upravena a tím vzniká název clona komorová. K měření je třeba zjistit hustotu měřeného vzduchu, kterou vypočítáme z teploty a tlaku naměřených před vstupem do clony. Hodnoty jsou měřeny rtuťovým teploměrem a U-manometrem. Měření pro počítačový sběr dat bylo osazeno termočlánkem a tlakovým převodníkem GMUD-NB. Tlaková difference na cloně je odečítána z manometru se sklonným ramenem s paralelně zapojeným převodníkem tlaku GMUD-NB a termočlánkem umístěným v blízkosti rtuťového teploměru.. Výpočty budou realizovány dle návodu z literatury [1].

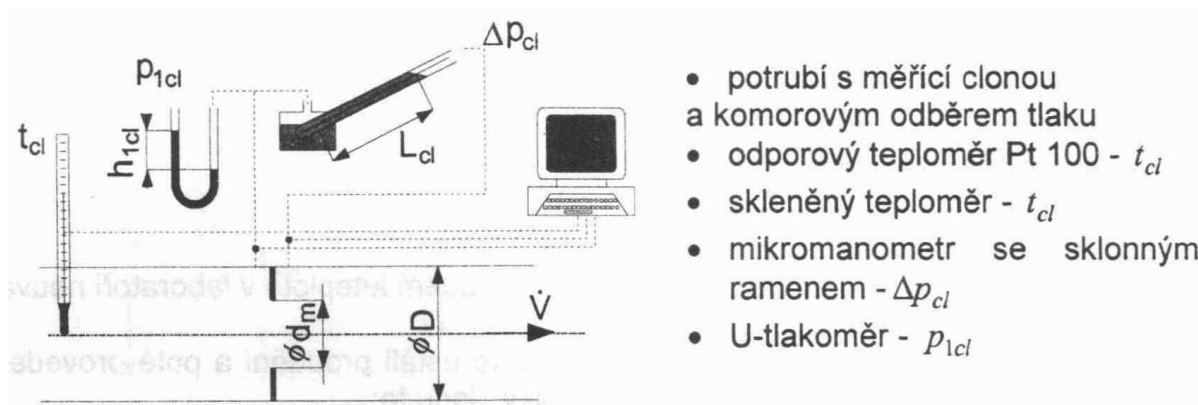


Schéma měření pomocí clony

Měření průtočného množství ze střední rychlosti naměřeného rychlostního profilu.

Měření průtočného množství pomocí stanovení rychlostního profilu je metoda, která se většinou volí u nízkotlakých axiálních ventilátorů, díky nerovnoměrnému rychlostnímu profilu. Při našem využití této metody můžeme síť měřících míst zredukovat na měření v jedné ose, protože vystupující proud má dostatečně dlouhé ustalovací potrubí s minimem invazivních těles. Pro přesné změření rychlosti proudu jsme použili Prandtlovu trubici, ze které odečteme dynamický tlak, z něhož vypočítáme rychlost proudu. Pro stanovení hustoty proudícího vzduchu využijeme rtuťového teploměru a hydrostatického tlakoměru typu ASKANIA. Pro tlakovou diferenci na Prandtlově trubici nám poslouží sklonný

mikromanometr se sklonem 1:5. Veškerá měření tlaku byla paralelně propojena s převodníkem tlaku GMUD – NB a měření teploty s termočlánkem typu K. Výpočty budou realizovány podle návodů z literatury [1].

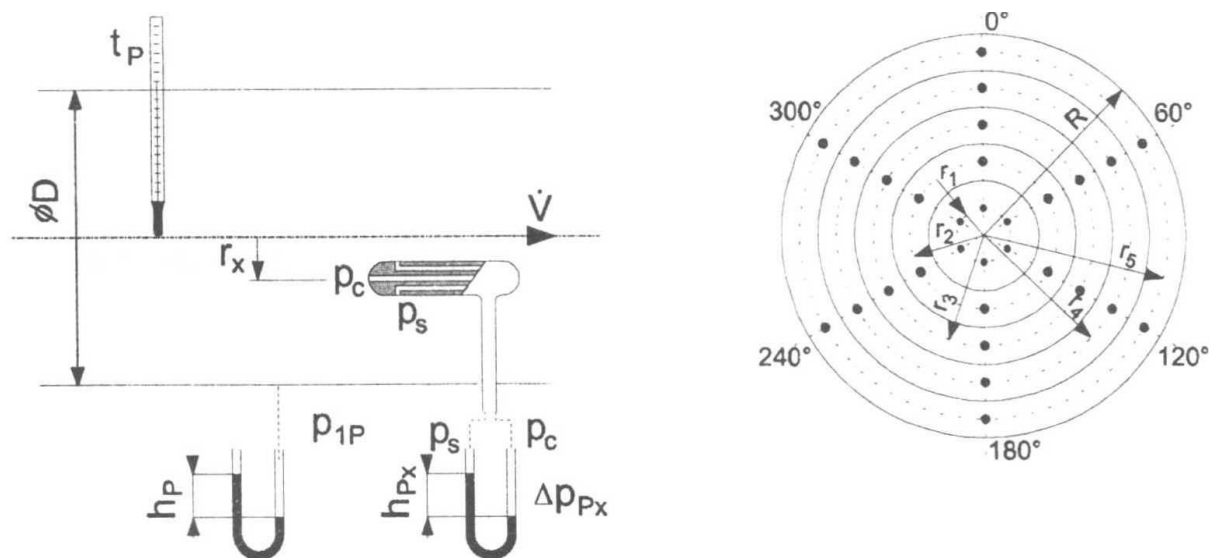
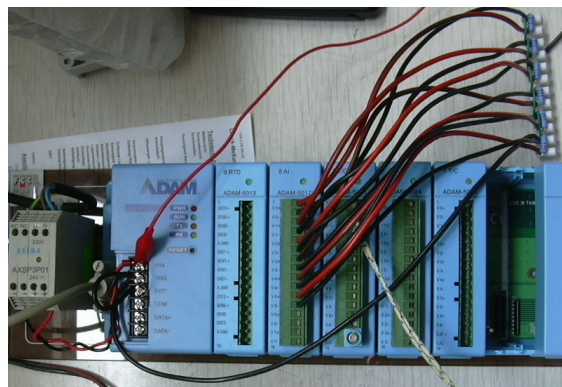


Schéma měření rychlostního profilu

Souhrn parametrů měřidel

Pro měření všech tlaků a tlakových diferencí použijeme stejného tlakového převodníku GMUD-NB s tlakovou diferencí 0-5 KPa. Teplota bude měřena ve všech případech stejným termočlánkem typu K, který je v laboratoři nejdostupnější. Před začátkem osazování trati měřidly je třeba navrhnout umístění počítače pro shromažďování dat. Toto místo musí být dobře dostupné ze všech úloh a nesmí přitom narušit odečítání klasickou metodou. Na základě těchto požadavků jsme zvolili místo v blízkosti Thomasova válce. Nejvíce vzdálené úlohy jako je dýza a měření rychlostního profilu jsou v přibližně stejné vzdálenosti. Podle úloh byly sestaveny tabulky pro zapojení jednotlivých měřidel. Byly použity části: ADAM 5018, který je určen pro zapojení termočlánků, ADAM 5017 pro měření tlaků a ADAM 5024 sloužící pro ovládání střídače.



Prvním problémem je řešení pohonu. To je zprovoznění ovládání frekvenčního měniče pomocí analogového vstupu. Než propojíme střídač se systémem ADAM 5024 je nutné

sestavit a odzkoušet část programu pro jeho ovládání. Naprogramování střídače je popsáno v literatuře [3]. Následný popis se věnuje zapojením jednotlivých měřidel na dané umístění do systému ADAM 5017, 5018P, 5024.

Pro propojení se systémem ADAM 5000 s měřidly jsme volili zapojení dle tabulky 2 – 7.

Bylo nejvýhodnější z hlediska přehlednosti.

úloha	označení konektoru	ADAM	popis
Střídač	V7	5024	propojení se vstupem 5,4, střídače

Tabulka 2

úloha	označení konektoru	ADAM	popis
Dýza	V0	5018P	termočlánek, teplota uvnitř dýzy
	V0	5017	tlaková difference na dýze

Tabulka 3

úloha	označení konektoru	ADAM	popis
Koleno	V1	5018P	teplota měřená v koleni
	V1	5017	tlak před kolenem, barometr - statický kolene
	V2	5017	tlaková difference v koleni, dP kolene

Tabulka 4

úloha	označení konektoru	ADAM	popis
Thomas	V1	5018P	teplota před Thomasem
	V2	5018P	teplota za Thomasem
	V1	5017	tlak před kolenem, barometr - statický kolene

Tabulka 5

úloha	označení konektoru	ADAM	popis
Clona	V2	5018P	teplota před Clonou
	V3	5017	tlak před clonou , barometr - statický
	V4	5017	tlaková difference na cloně

Tabulka 6

úloha	označení konektoru	ADAM	popis
Prandtl	V3	5018P	teplota před rychlostním profilem
	V5	5017	tlak před rychlostním profilem
	V6	5017	tlaková difference na rychlostním profilu

Tabulka 7

Dostupná měřidla

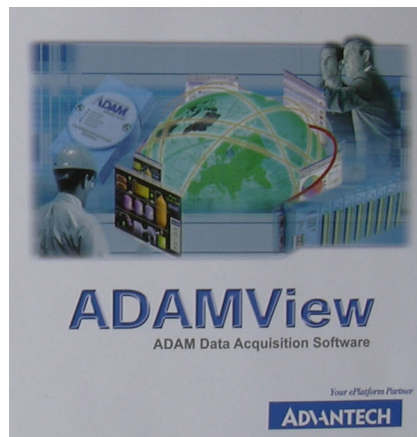
Použitá měřidla patří v laboratoři k nejpoužívanějším v již zapojených úlohách. Jedná se zejména o dříve odzkoušené termočlánky typu K s rozsahem 0 – 1300 °C. Tento termočlánek je využíván díky své přesnosti, rozsahu měření i pořizovací ceně. Tlakoměrná čidla GMUD – NB jsme si vypůjčili od kolegů, kteří je využívají pro svou práci. Jejich vhodnost byla určována dle katalogového listu, který je přiložen v [příloze I](#). Svým rozsahem nejlépe splňuje naše požadavky, avšak praktické zkušenosti s ním byly minimální. Přesnost a vhodnost pro měření na ventilátorové trati bude zjištěna při měření.



Měřidla byla zapojena paralelně se stávajícími měřidly, tak aby nenarušila probíhající cvičení na ventilátorové trati. Zapojení do soustavy umožňuje porovnání dat získaných klasicky s daty naměřenými pomocí převodníku.

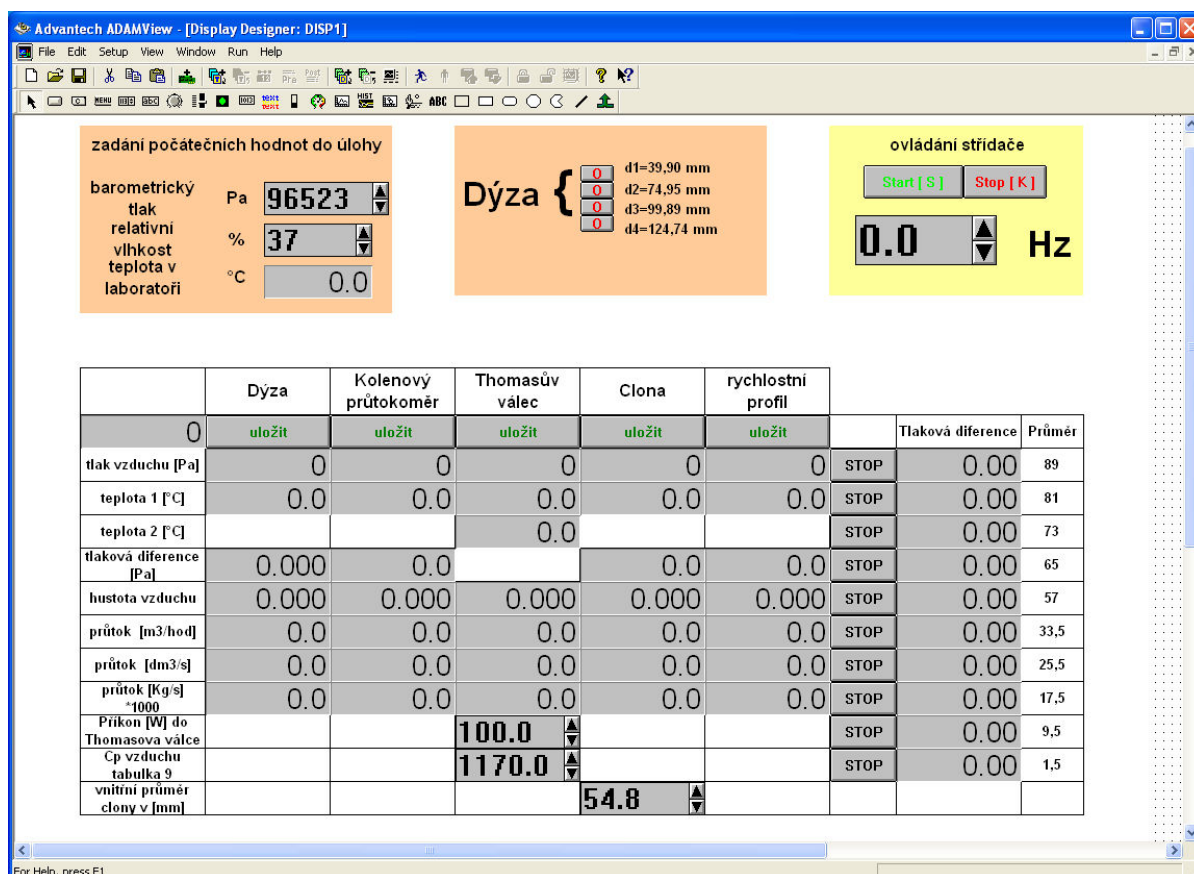
Sestavení programu v systému ADAMView

Při shromažďování informací o hardwaru systému ADAM 5000 se objevil problém týkající se aktualizací softwaru. Díky zdokonalování systému ADAM se software GENI 3,0 stává zastaralým a nedostačujícím. I současná výpočetní technika si žádá novější prostředí a podmínky pro svou bezproblémovou práci. Proto i firma Adventech aktualizuje a přechází k novějším prostředím. Při nákupu nových součástí nám doporučili zajímat se o doprovodné programy, mezi kterými je i ADAMView. Na internetu je možno stáhnout i Demo verzi programu ADAMView, ve které byly sestavovány první funkce programu pro shromažďování dat z ventilátorové trati. Díky velké funkční i vizuální podobnosti s programem GENI bylo snadné se zorientoval v pracovním prostředí.



Propojování jednotlivých funkcí bylo dosti časově náročné. Vše bylo připravováno jen v již zmiňované demo verzi, která neumožňuje připojení ke sběrnici ADAM a proto nemohl být program v této přípravné části odzkoušen. Hlavní zprovoznění nastalo až v laboratoři, kde byly plně využity možnosti programu. K programování byly využity tabulky 2 – 7 pro zapojení do konektoru ADAM 5000 se sběrnými funkcemi nasměrovanými na konektorové cíle zapojené podle tabulky. Před spuštěním měření na jednotlivých úlohách byla ověřena funkčnost měřidel a ovládání střídače. Vyhodnocení měření jednotlivých úloh bylo provedeno samostatně.

Grafické zpracování programu pro sběr dat je ukázáno v následném [obrázku 1](#).



Obrázek 1 – Program

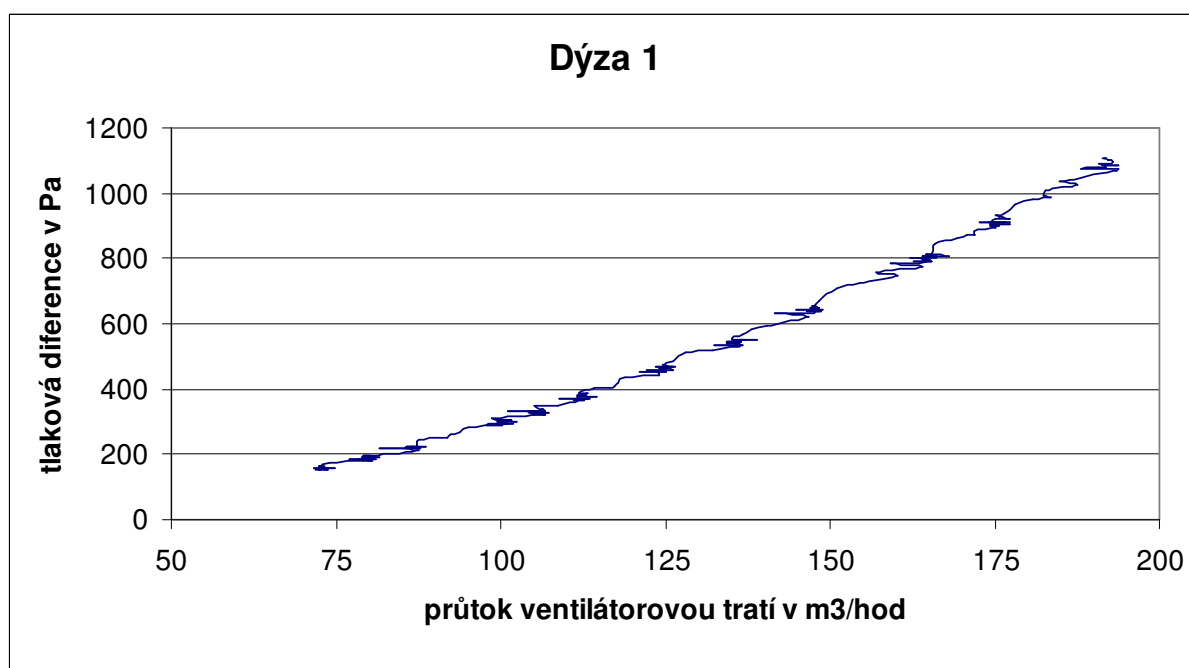
Před začátkem měření je třeba spustit program a zadat počáteční data pro měření. Jsou jimi barometrický tlak v Pa, který zapisujeme do vrchní části programu a relativní vlhkost v % nacházející se hned pod ním. Jako další krok je třeba stisknout tlačítko, které signalizuje otevření příslušné dýzy. Spuštění ventilátoru proběhne stisknutím tlačítka START [S] ve žlutém poli, poté se posuvníky nastaví počáteční frekvence, na které má ventilátor pracovat. Doporučená frekvence pro ventilátor je 25 až 40 Hz. Při nízké frekvenci dochází ke špatnému chlazení motoru, což by při jeho delším provozu mohlo způsobit poškození. Při frekvenci nad 40 Hz by mohlo dojít k poškození ventilátoru. Vypínání ventilátoru probíhá postupným snižováním frekvence až na nulu a poté stisknutím tlačítka START [S]. Při stisku tlačítka STOP se zastaví celý program a již nebude možno žádná data odečítat. Po nastavení počátečních parametrů počkáme, až se hodnoty teploty a diferenčního tlaku ustálí. Při stisknutí tlačítka ULOŽIT dochází k ukládání naměřených hodnot úlohy. Sledovanými daty jsou: vzorkování (sekunda měření), barometrický tlak, relativní vlhkost, frekvence a další hodnoty uvedené v následných řádcích tabulky. Tyto hodnoty jsou ukládány do souboru pojmenovaného podle názvu příslušné úlohy.

U dýzy, kolenového průtokoměru a clony lze odečítat data ihned po zadání počátečních hodnot a frekvence ventilátoru. U Thomasova válce je nutné zadat ještě příkon do válce ve W a měrnou tepelnou kapacitu suchého vzduchu za konstantních tlaků pro různé teploty v $[J/Kg \cdot K]$ tabulka je umístěna do [přílohy II](#). U úlohy měření rychlostního profilu je třeba odměřovat tlakovou diferenci v různých místech. K tomu slouží tlačítka STOP ve všech řádcích s označením jednotlivých vrstev měření. Po stisknutí tlačítka STOP se hodnota diferenčního tlaku přestane měnit. Po naměření všech hodnot se ustálí i hodnota průtočného množství. To vše je možno ukládat při stisknutí tlačítka ULOŽIT ve sloupci rychlostní profil.

Vyhodnocení měření

Dýza

Při měření na dýze s nejmenším průřezem dochází k tlakové diferenci nad 50 Pa, díky tomu i výsledky z měření jsou předvídatelné. Přesnost výpočtu byla do jisté míry znehodnocena formou výstupních dat, které je možno zobrazit v rozsahu 10^5 . Ostatní hodnoty převyšující tento řád znemožňují zobrazení díky chybě, která zastaví program. Přes tato omezení byla data uložena a zpracována do následného grafu 2.

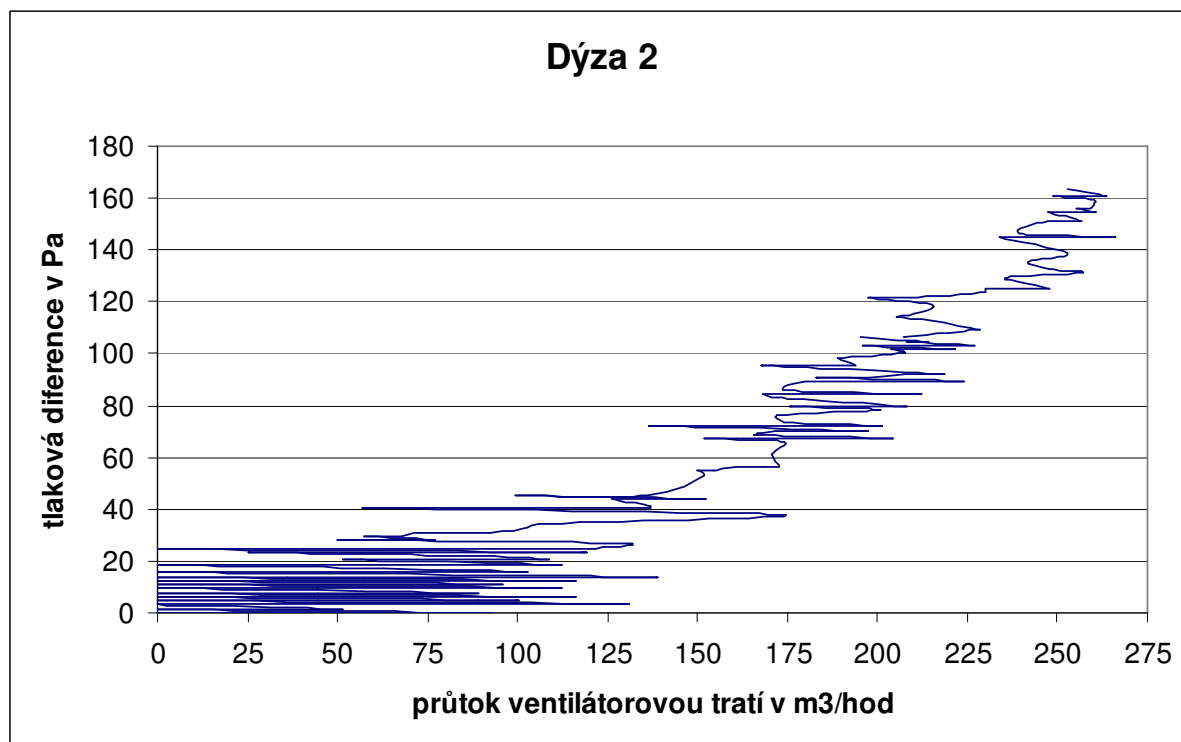


Graf 2 – Dýza 1

Odchyłky mezi spojnicí a jednotlivými body určují nepřesnost v měření. Ta mohla být způsobena zaokrouhlováním při výpočtu. Roztřesenost spojnice byla způsobena hlavně tolerancí $\pm 0,5 \%$ v měření jednotlivých hodnot tlaku a zobrazovacím časem 1 sekunda. Pokud se tlaková difference dostatečně dlouho ustálila, pak se tato chyba projevila jen minimálně.

Největší chyba se začala projevovat až při měření u větších dýz. U měření s otevřenou dýzou 2 dochází k degradaci hodnot do 50 Pa, což je 1 % rozsahu použitého měřidla. Pro

tlaky do 50 Pa se toto čidlo nepoužitelné. Což je zřejmé z Grafu 3. Další měření na dýze 3 a 4 proběhlo avšak výsledek měření byl roven 0.



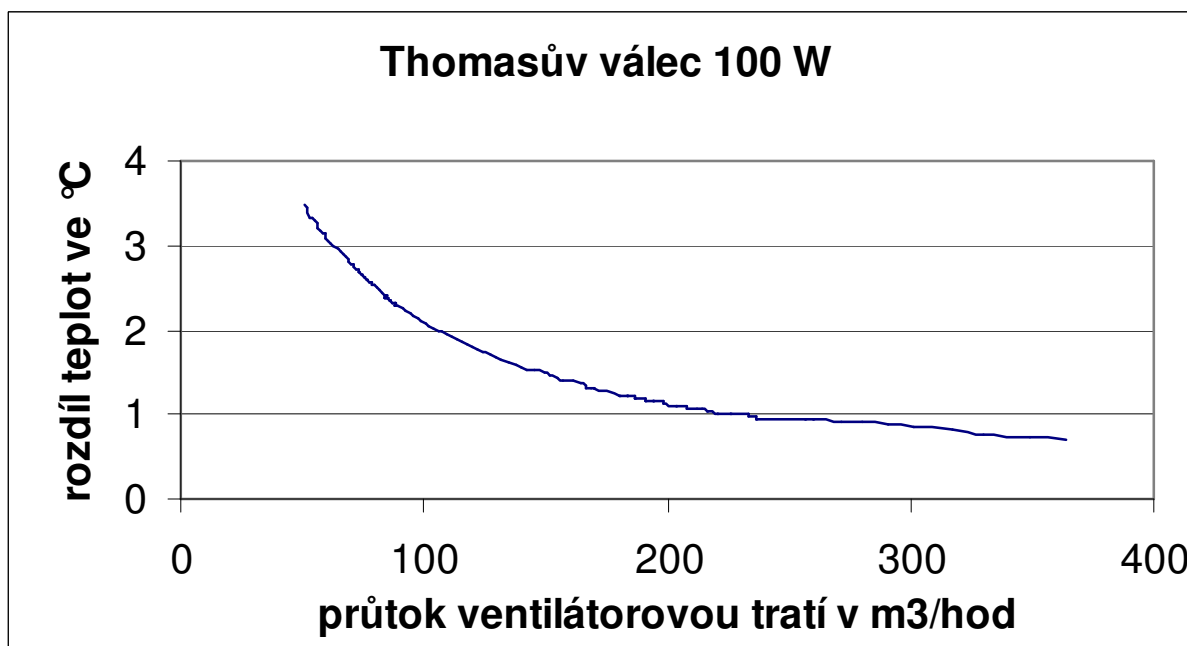
Graf 3 – Dýza 2

Kolenový průtokoměr

Výsledky měření na kolenovém průtokoměru byly obdobné jako u dýzy 3 a 4 a to, že nedošlo k zobrazení tlakové difference. Hodnota absolutního tlaku se zobrazila. Tato hodnota byla ovlivněna chybou softwaru, která se projevila generováním záporné hodnoty ve výši $4 \cdot 312,5$, což způsobuje nulování hodnot na vstupu. Systém ADAM 5000 chybně vyhodnocuje nulovou hodnotu 4 mA. Tato chyba se projevuje častěji u dalších požadovaných portů jednotlivých sběrnic.

Thomasův válec

K vstupnímu a výstupnímu otvoru do Thomasova válce byly umístěny termočlánky, které měřily teplotu vzduchu před a za ohřívací spirálou. K potížím s nulováním docházelo jen minimálně, protože tato chyba se projevuje zejména u měření tlaku. Výsledek měření je vyhodnocen v grafu 4.

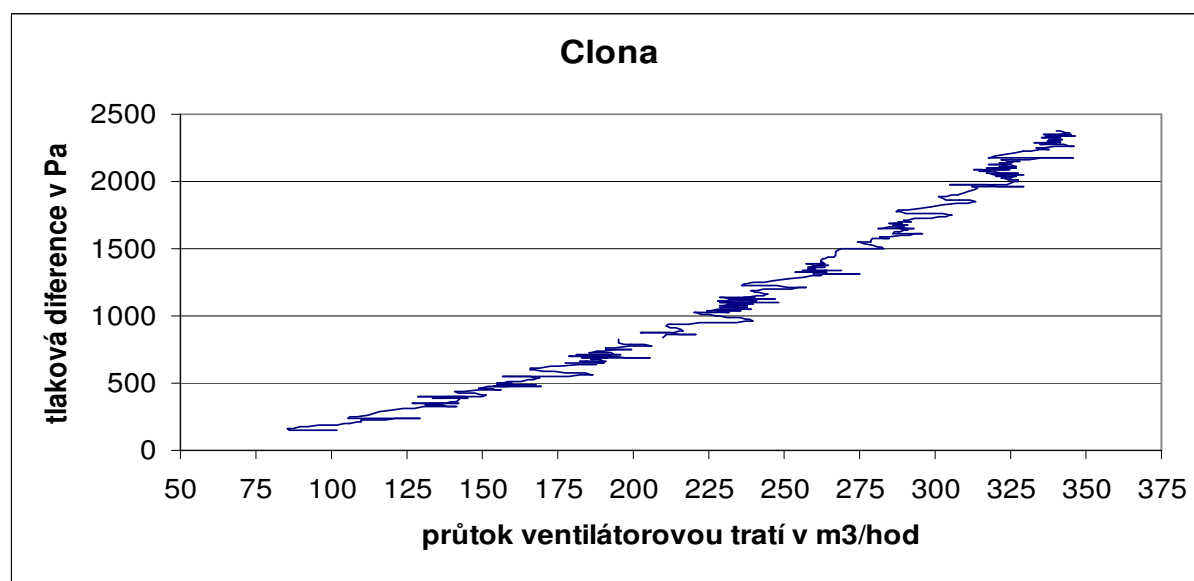


Graf 4 – Thomasův válec 100 W

Clona

Při měření na úloze clona docházelo k nulování hodnot tak často, že nebylo možné měření provést. Chybu v nulování se podařilo minimalizovat díky přepojení převodníku tlaku na první dva porty, u kterých se nulování projevovalo jen zřídka. Tím došlo k rozpojení a ztrátě funkčnosti kompletního shromažďování dat. Díky dostatečné tlakové diferenci při měření tlaku před clonou i tlakové diferenci nad 50 Pa mohlo být měření provedeno a vyhodnoceno.

Výsledkem je graf 5.



Graf 5 – Clona

Měření rychlostního profilu

Měření rychlostního profilu pomocí PC nebylo prováděno díky hodnotám naměřeným klasickou metodou, které byly velikostně do 50 Pa. Z předešlých úloh, je patrné, že převodníky tlaku pro tak malé hodnoty nelze použít.

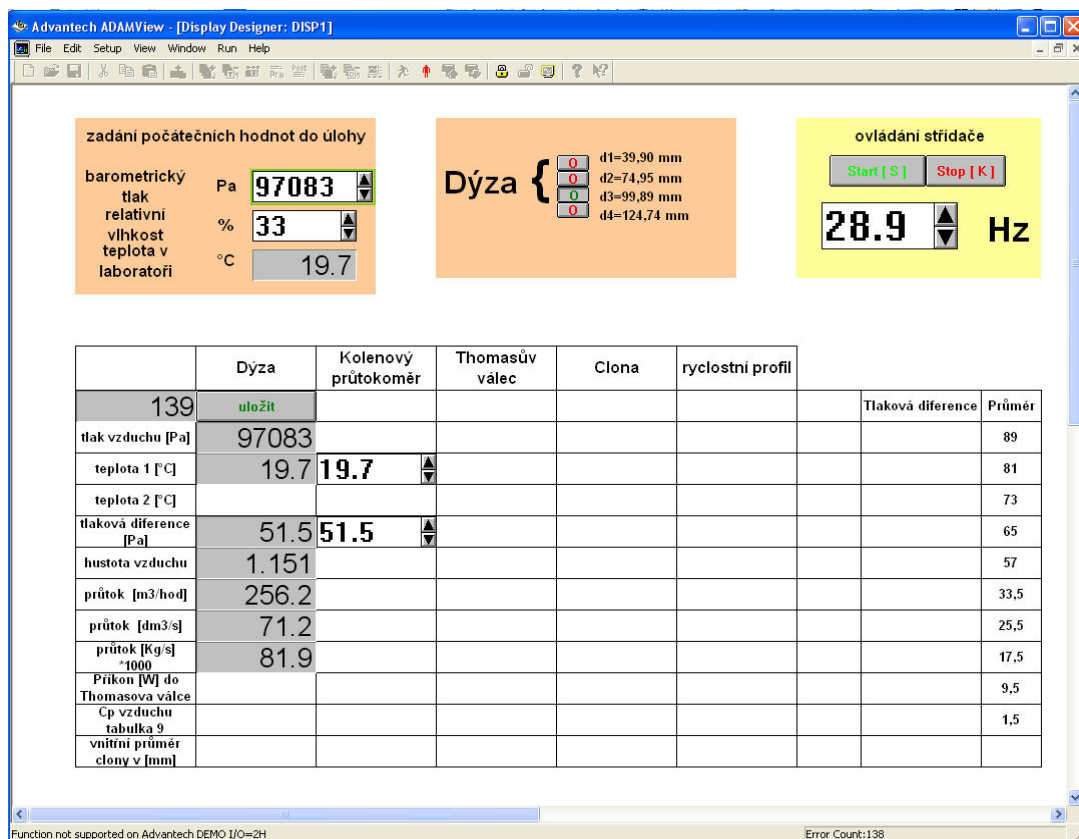


Shromáždění dat klasicky

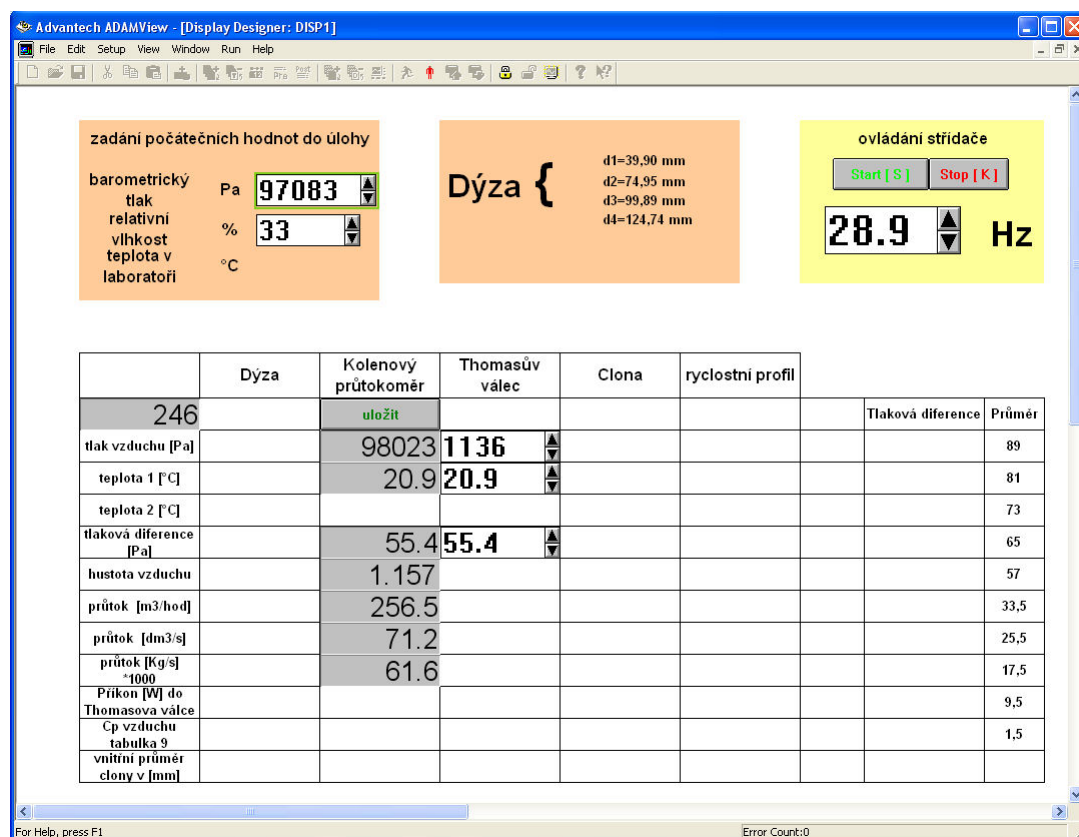
Shromažďování dat pomocí počítače bylo realizováno s velkým množstvím chyb, které se nepodařilo v daném čase odstranit. Proto byly části programu pro jednotlivé úlohy od sebe odděleny tak, aby mohly být vyhodnoceny úlohy samostatně. To zvětšuje přehlednost pro uživatele a zlepšuje možnost odstranění případných chyb. Jednotlivé části programu byly doplněny posuvníky, které umožňují simulaci tlakových diferencí a teplot. Tyto části lze použít pro kontrolu výpočtu klasickou metodou.

Po shromáždění dat klasickou metodou byla data vyhodnocena a kontrolně nechána zobrazit v již zmiňovaných částech programu. Výsledky jednotlivých částí programu byly vyfoceny a jsou publikovány pod obrázky 2 – 6. Veškeré zobrazované části odpovídají naměřeným hodnotám klasickou metodou se zadanými počátečními parametry: barometrický tlak 97083 Pa, relativní vlhkosti 33%, frekvence na střídači 28,9 Hz a otevřená dýza 3 s průměrem 99,89 mm.

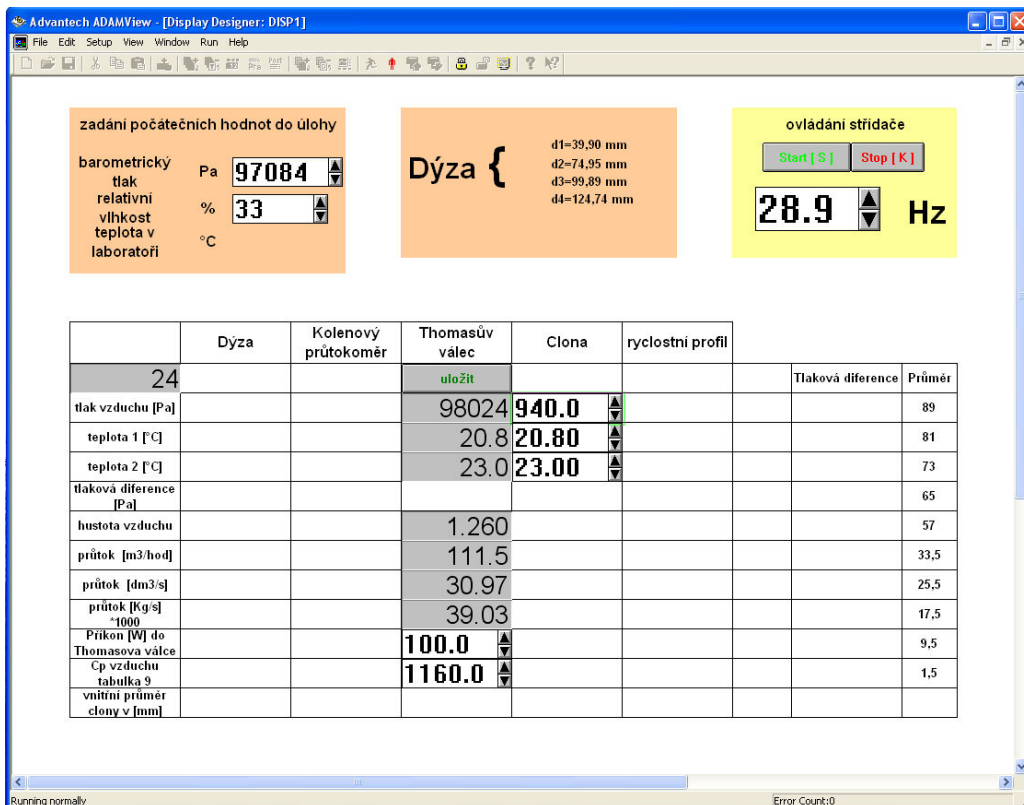
Největší odchylky v měření průtočného množství klasickými metodami došlo v Thomasově válci kde dochází k naměření příliš velké teplotní difference. Tato teplotní difference neodpovídá průtočnému množství naměřenému na ostatních úlohách. Jinak ostatní odchylky mohou být způsobeny špatným odečtením hodnoty z manometru nebo jejím zaokrouhlením na mm.



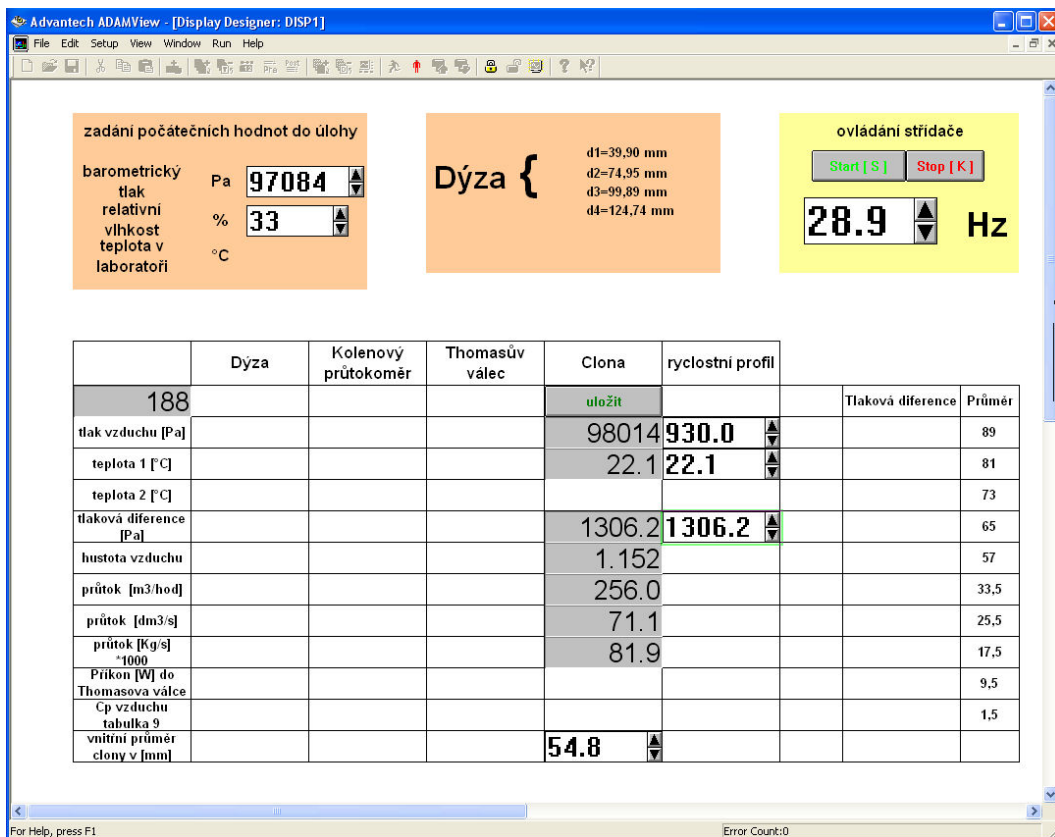
Obrázek 2 – Dýza 3



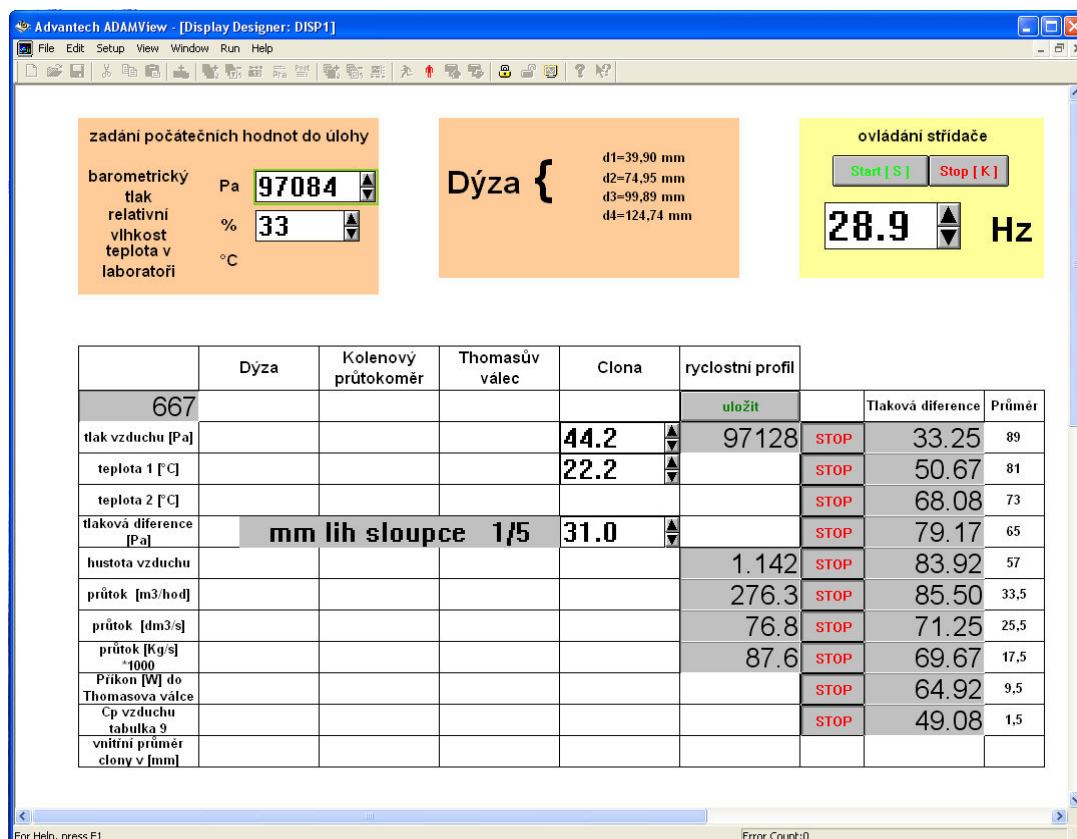
Obrázek 3 – kolenový průtokoměr



Obrázek 4 Thomasův válec



Obrázek 5 Clona



Obrázek 6 Měření rychlostního profilu

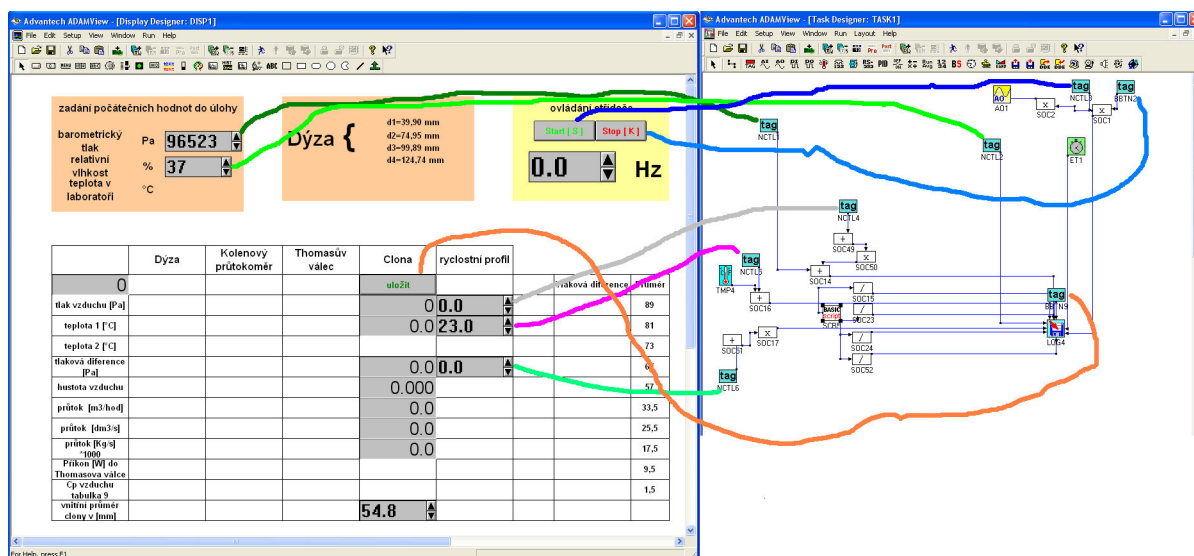
Veškeré hodnoty, které byly naměřeny klasickou metodou ze sklonných mikromanometrů a U manometrů byly přepočítány na tlaky a dosazeny do zobrazených částí programu. Jen v úloze pro měření rychlostního profilu byl vzorec pro výpočet tlaku zakomponován do programu. Tím je možno dosazovat hodnotu tlakové diference přímo v naměřených mm. Tento vzorec má omezení, že hodnoty platí pro sklon 1/5 a náplň může být jen líh. Jinak musí dojít k úpravě vzorce v programu. Veškeré ostatní hodnoty tlaku je třeba zapisovat v Pa a teplotu ve °C.

Jednotlivé části programu

V této části je popsána problematika sestavení a ovládání jednotlivých částí programu.

Jednotlivé programy pro výpočet úloh se od sebe v principu neliší. Konkrétní rozvržení úloh je znázorněno na jedné z demonstračních úloh, která je uvedena a podrobněji popsána na [obrázku 7](#).

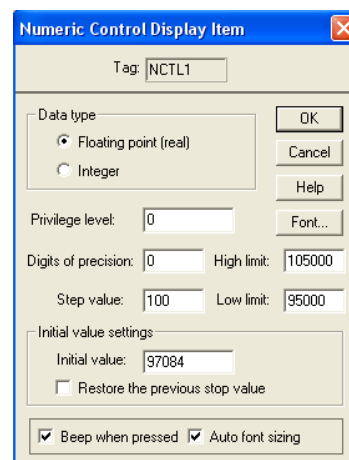
Schéma rozložení



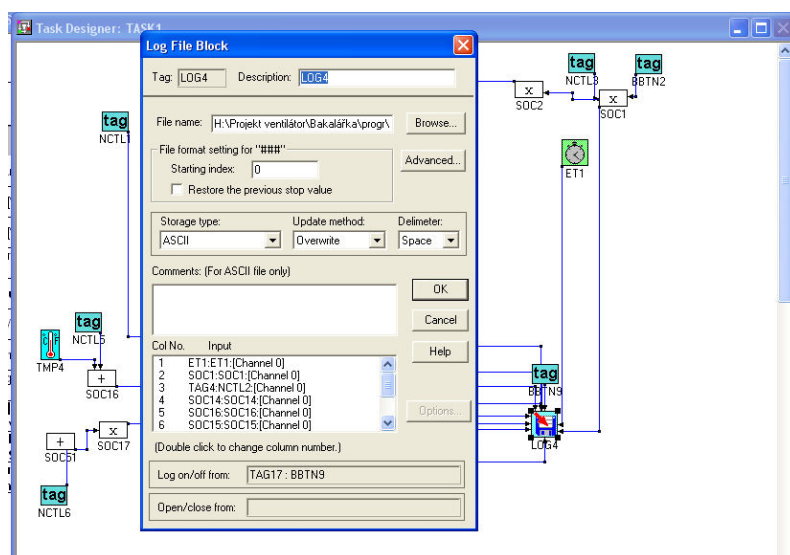
Obrázek 7 – schéma programu

Na obrázku 7 je patrné jak bylo navrženo schéma ovládání. Část ve žlutém poli slouží pro ovládání střídače, kde je frekvence přepočítána pomocí jednoduchých matematických operací na velikost výstupního napětí. Napětí je převáděno do střídače. U simulační úlohy je funkční ale nezávislé na výpočtu.

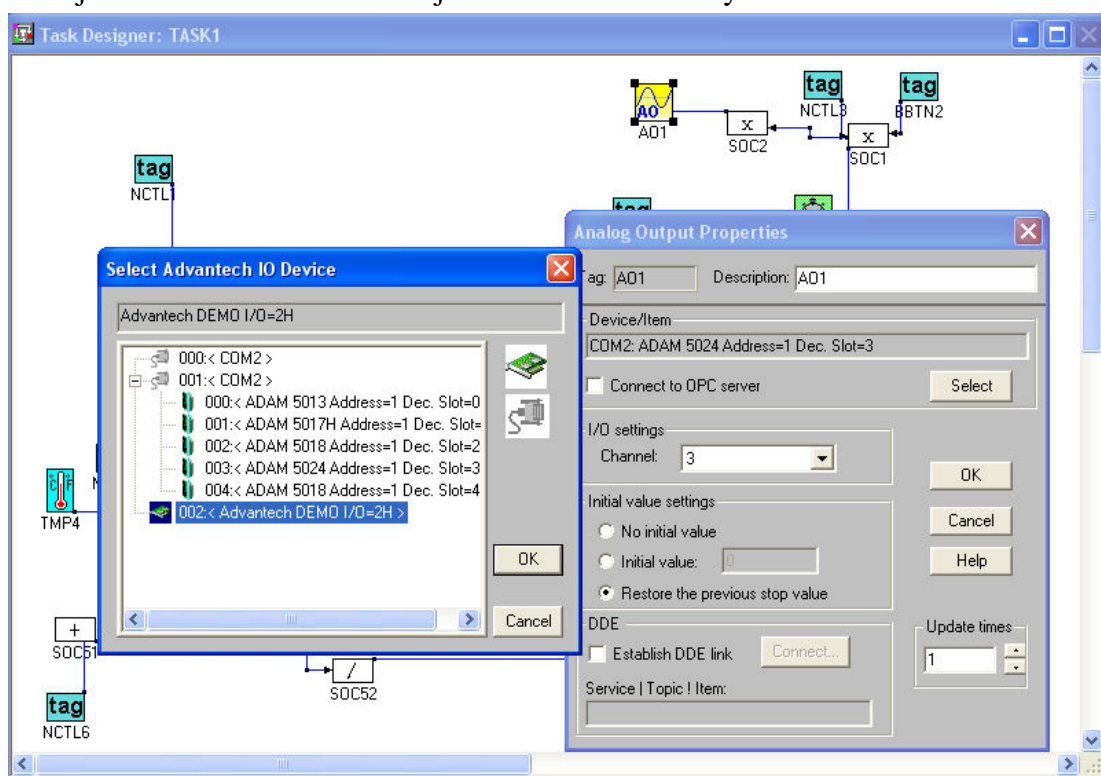
Hodnoty počátečních hodnot lze měnit před spuštěním programu a to tak že se hodnoty požadované nastaví jako výchozí (Initial value), dále je možno změnit velikost kroku posuvníku (step value). Další hodnoty jsou popsány v návodu na ovládání v literatuře [4]. Po nastavení všech posuvníků a velikostí kroku je možná úlohu spustit s těmito počátečními parametry.



Při přesouvání souboru, umístění programu v počítačové struktuře složek, dochází k častému opomenutí nastavení umístění ukládání textového souboru pro uložení dat z průběhu měření. Nasměrování ukládání je nutné nastavit i bez toho aniž by bylo toto ukládání v úloze použito. Nasměrování se provede v tabulce (LOG4) pod příkazem (Browse).



Jednotlivé části programu je možné spustit i v demoverzi programu ADAMView. Před spuštěním je nutné nastavit AO1 zdroj umístění z kterého by měl data shromažďovat. Další



tabulku vyvoláme příkazem (select) a poté klikneme na požadované umístění. V případě plné verze se zobrazí podrobnosti pod portem (COM1 nebo COM2), pokud je používána demoverze je nutné označit (DEMO I/O=2H). Další možností pro spuštění je přímo odstranit ikony AIx a AOx protože nemají přímou souvislost s výpočtem. To vše je nutné projít jen při

prvním spuštění programu. Po uložení nebude již nutno vše přenastavovat. K těmto chybám dochází zejména při přenosu programu mezi počítači.

Další chyby které by mohly nastat jsou při vlastním výpočtu a to, že výsledné hodnoty převyšují řád Outputi x kde je možné zobrazit čísla v rozsahu 10^5 . U většiny zobrazovaných proměnných najdeme hodnotu (*10000) ta je zadána z důvodu toho aby bylo možné čísla zobrazit v tisících s použitím jednoho desetinného místa. Tato přesnost není ideální ale je zlepšována zobrazovanými jednotkami v g/s což je hodnota 0,5% štítkového průtoku ventilátorovou tratí.

Po odstranění chyby v nulování je nutné přizpůsobit jednotlivé úlohy k měření. To je možno tím že dojde k nahrazení většiny ikon (TAGx) ikonami (AIx) pro měření tlaků a nebo (TMPx) pro měření teplot se správným umístěním odkazu.

Ukázka zdrojového textu programu

V tomto textu je ukázka části zdrojového kódu z úlohy Clona kde je výpočet realizován podle postupu literatury [6]. Jednotlivé části výpočtu jsou patrné, popřípadě jsou do zdrojového kódu zapsány poznámky které jsou umístěny za (') která odděluje funkční část od popisků. Množství rovnic je možno zredukovat ale dochází tím k znepráhlednění jednotlivých rovnic.

```
set BBB = GetTag ("TASK1", "SOC16")    'teplota před CLONOU
set AAA = GetTag ("TASK1", "SOC17")    'tlaková diference
Set CCC = GetTag ("TASK1", "SOC14")    'tlak před CLONOU
Set LLL = GetTag ("DISP1", "NCTL13")   'vnitřní průměr clony 54.8
Set MMM = GetTag ("DISP1", "NCTL2")   'relativní vlhkost
DDD = LLL / 96
EEE = BBB + 273.15
GGG = 1.49 * EEE^1.5
FFF = GGG / (EEE + 117)
JJJ = BBB + 235.6
III = EXP (23.58 - (4044.2 / JJJ))      'tlak sytých par
```



$$KKK = III * MMM / 100$$

$$PPP = 287.1 * EEE$$

$$QQQ = 461.7 * EEE$$

$$HHH = ABS((CCC - KKK) / PPP + (KKK / QQQ))$$

'hustota vzduchu

$$RRR = (0.41 + 0.35 * DDD^4) * AAA$$

$$FGH = ABS(CCC)$$

$$SSS = (1 - (RRR / FGH))$$

$$TTT = 0.5961 + (0.0261 * DDD^2) - (0.216 * DDD^8)$$

$$UUU = (1 - DDD^4)^{0.5}$$

$$VVV = TTT / UUU$$

$$AA1 = ABS(AAA)$$

$$WWW = (2 * AA1 * HHH)^{0.5}$$

$$ZZZ = VVV * SSS * 0.785398 * WWW * (LLL / 1000)^2$$

$$XXX = (4 * ZZZ / (FFF * 0.301592))$$

$$YYY = TTT + 0.000521 * (DDD * 10^6 / XXX)^{0.7}$$

$$ABC = YYY / UUU$$

$$CDE = ABC * SSS * 0.785398 * WWW * (LLL / 1000)^2$$

$$EFG = ZZZ / HHH$$

$$OUTPUT1\ 0, HHH * 1000$$

$$OUTPUT1\ 1, EFG * 36000$$

$$OUTPUT1\ 2, EFG * 10000$$

$$OUTPUT1\ 3, ZZZ * 10000$$

End Sub

Závěr

Cílem této práce bylo sestavení systému pro automatický sběr dat z ventilátorové trati.

Program který byl sestaven na základě minimálních programátorských zkušeností se podařilo sprovoznit. Tento program byl rozdělen na samostatné úlohy, které vyhodnocují průtok ventilátorovou tratí.

Provedené měření s tímto sestaveným systémem odhalilo nedostatky softwaru ADAMView, které se v daném čase nepodařilo odstranit. Další překážkou v měření jsou dostupná měřidla, která při měření tlaků pod 50 Pa naprosto selhala. Možností pro zlepšení výsledků měření je zakoupení měřidel s rozsahy měření maximálně 1000 Pa, nebo vyzkoušení použitých měřidel se zvýšenou citlivostí.

Nezanedbatelným problémem se ukázala úloha měření průtočného množství pomocí Thomasova válce, kdy při měření klasickou metodou dochází k velkým odchylkám naměřených hodnot od měření v ostatních úlohách. Řešením by bylo zakoupení nového měřidla nebo provedení významných oprav.

Literatura:

- [1] Dvořák V., Šulc J., Urbášek J. :Technická měření návody na cvičení, Technická Univerzita v Liberci, Liberec 2005
- [2] Nový R. : Ventilátory, České vysoké učení technické v Praze, 2001
- [3] Manuál frekvenčního střídače Siemens Microstar 420
- [4] Adam-5000 Series I/O Module Users Manual, Second Edition March 2005 (ADAM-50000 IO module user's manual 2nd edition)
- [5] Šrámek L.: Bakalářská práce, Inovace ventilátorové trati, Liberec 2005
- [6] ČSN ISO 5167-1 , Výpočet průtočného množství pomocí clon



Seznam příloh

Příloha I	Převodník tlaku.....	1
Příloha II	Tabulka měrné tepelné kapacity suchého vzduchu	3

Převodník tlaku pro přetlak / podtlak a diferenční tlak popř. absolutní tlak

Typ: GMUD

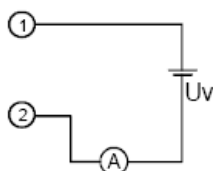


Technické údaje:

Měřicí rozsah:	viz. typový štítek
Senzor:	Piezorezistivní tlakový senzor s integrovanou teplotní kompenzací 0 až 70°C
Tlaková média:	Senzor je určen pro vzduch a neagresivní, neoxidující a neredukující plyny a kapaliny.
Přesnost senzoru: (typ. hodnoty)	standardní přesnost $\pm 0.2 \% \text{ FS}$ (hystereze a linearita) $\pm 0.4 \% \text{ FS}$ (vliv teploty od 0-50°C) u měř. rozsahů $\leq 16 \text{ mbar}$: $\pm 0.6 \% \text{ FS}$ (vliv teploty od 0-50°C) volba: 2-násobná přesnost: $\pm 0.1 \% \text{ FS}$ (hystereze a linearita) $\pm 0.2 \% \text{ FS}$ (vliv teploty od 0-50°C)
Výstupní signál:	viz. typový štítek
Typ připojení:	4 - 20 mA (2-vodič) napětí (3-vodič nebo 4-vodič)
Napájecí napětí:	$U_v = 12 - 30 \text{ V DC}$ (4-20mA) $U_v = 18 - 30 \text{ V DC}$ (0-10V) nebo dle typového štítku
Ochrana proti přepólování:	50V trvale
Odpor smyčky (při 4-20mA):	$R_A(\text{Ohm}) < (U_v - 12\text{V}) / 0.02\text{A}$ <i>Příklad: pro $U_v = 18\text{V}$: $R_A < (18\text{V} - 12\text{V}) / 0.02\text{A} \Rightarrow R_A < 300 \text{ Ohm}$</i>
Přípustná zátěž (při 0-...V):	$R_L(\text{Ohm}) > 3000 \text{ Ohm}$
Přesnost elektroniky: (typ.)	0.1%
Jmenovitá teplota:	25°C
Pracovní teplota:	0 až 70°C
Rel. vlhkost vzduchu:	0 až 95 % r.v. (neorosit)
Skladovací teplota:	-45 až 85°C
Připojení tlaku:	2 (1) kovové nátrubky (niklovaná mosaz) pro hadici 6 x 1 mm (4mm vnitřní Ø)
Montážní poloha:	libovolná (nízké rozsahy do cca 10 mbar jsou polohově závislé)
Pouzdro:	ABS (IP65), 82 x 80 x 55 mm (bez úhlového konektoru a nátrubků)
Upevnění:	Pomocí otvorů pro montáž na stěnu (přístupné po sejmutí krytu pouzdra).
Montážní rozměry:	50 x 70mm, šrouby max. 4mm
Elektrické připojení:	Úhlový konektor dle DIN 43650 (IP65), maximální průřez vodiče: 1.5 mm², průměr kabelu od 4.5 do 7 mm
EMV:	Přístroj splňuje veškeré podmínky normy o elektromagnetické slučitelnosti (89/336/EWG). Zkoušen dle EN50081-1 a EN50082-1. Doplnková chyba : < 1%
Volba:	Lakované provedení pro venkovní použití.

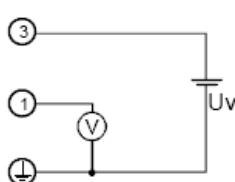
Zapojení úhlového konektoru:

2-vodičové připojení (4-20mA)



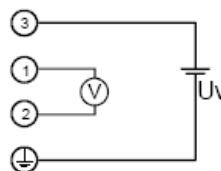
1 = napájecí napětí +Uv
2 = GND / signál

3- vodičové připojení (napětí)



1 = signál +
3 = napájecí napětí +Uv
⊥ = napájecí napětí -Uv
signál -

4- vodičové připojení (napětí)



1 = signál I +
2 = signál -
3 = napájecí napětí +Uv
⊥ = napájecí napětí -Uv

Zapojení úhlového konektoru:

Vsuňte odpovídající šroubovák do otvoru na boční straně vložky konektoru a vysuňte ji z konektoru.

Provedte zapojení dle požadovaného vstupního signálu.

V případě potřeby lze vložku pootočením (krok 90°) nastavit ve čtyřech pozicích.

Úhlový konektor zasuňte zpět a smontujte (neopomeňte těsnění).

Připojení tlaku:**Převodník pro absolutní tlak:**

Měření absolutního tlaku - reference vakuum

Při atmosférickém vzduchu výstupní signál odpovídá barometrickému tlaku.

Připojení tlaku: vstup A (vstup B zůstává neobsazen)

Převodník pro relativní tlak:

- měření přetlaku / podtlaku:

Výstupní signál odpovídá rozdílu tlaku mezi přivedeným tlakem a tlakem okolí.

Připojení tlaku pro měření přetlaku: vstup B

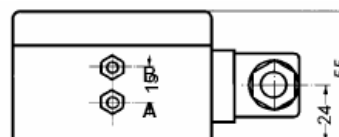
měření podtlaku: vstup A

- měření diferenčního tlaku:

Výstupní signál odpovídá tlakové diferenci mezi oběma vstupy.

Připojení tlaku pro vyšší tlak: vstup B

nižší tlak: vstup A

**Bezpečnostní upozornění:**

Tento přístroj je konstruován a zkoušen dle bezpečnostních předpisů pro elektronické měřicí přístroje. Dokonalá funkce a bezpečnost provozu přístroje může být zajištěna jen v tom případě, že bude používán dle obvyklých bezpečnostních pravidel, jakož i dle bezpečnostních upozornění uvedených v tomto návodu k obsluze.

1. Dokonalá funkčnost a bezpečnost přístroje je zajištěna pouze za klimatických podmínek blíže specifikovaných v kapitole "Technické údaje".
 2. Jestliže byl přístroj vystaven nízkým či vyšším teplotám, může dojít ke kondenzaci vlhkosti uvnitř přístroje, a tím se narušit funkčnost přístroje. V tomto případě se musí nechat teplota přístroje přizpůsobit pokojové teplotě, než je možné přístroj uvést do provozu.
 3. Zkontrolujte pečlivě zapojení přístroje, zvláště při připojení na další zařízení. Případné odlišné interní zapojení cizího připojeného zařízení může vést ke zničení tohoto zařízení i vlastního přístroje.
- Pozor:** Při poškození napájecího zdroje (propojení vstupního napětí na výstup) může dojít k výskytu života-nebezpečného napětí na svorkách a zásuvkách přístroje!



GREISINGER electronic GmbH

Příloha II Tabulka měrné tepelné kapacity suchého vzduchu

Tabulka měrné tepelné kapacity suchého vzduchu za konstantního tlaku pro různé teploty.

	Tlak vzduchu před Thomasovým válcem [Pa, torr]						
t_{17v}	93 325	94 659	95 992	97 325	98 658	99 992	101 325
[°C]	700	710	720	730	740	750	760
10	1153,5	1170,0	1186,5	1202,9	1219,4	1235,9	1252,4
11	1149,5	1165,9	1182,3	1198,7	1215,1	1231,6	1248,0
12	1145,5	1161,8	1178,2	1194,6	1210,9	1227,3	1243,6
13	1141,5	1157,8	1174,1	1190,4	1206,7	1223,0	1239,3
14	1137,5	1153,8	1170,0	1186,3	1202,5	1218,8	1235,0
15	1133,6	1149,8	1166,0	1182,2	1198,4	1214,6	1230,8
16	1129,7	1145,9	1162,0	1178,1	1194,3	1210,4	1226,6
17	1125,9	1142,0	1158,0	1174,1	1190,2	1206,3	1222,4
18	1122,0	1138,1	1154,1	1170,1	1186,2	1202,2	1218,2
19	1118,2	1134,2	1150,2	1166,2	1182,1	1198,1	1214,1
20	1114,4	1130,4	1146,3	1162,2	1178,1	1194,0	1210,0
21	1110,7	1126,6	1142,4	1158,3	1174,2	1190,0	1205,9
22	1107,0	1122,8	1138,6	1154,4	1170,2	1186,0	1201,8
23	1103,3	1119,0	1134,8	1150,6	1166,3	1182,1	1197,8
24	1099,6	1115,3	1131,0	1146,7	1162,4	1178,1	1193,8
25	1095,9	1111,6	1127,3	1142,9	1158,6	1174,2	1189,9
26	1092,3	1107,9	1123,6	1139,1	1154,7	1170,3	1185,9
27	1088,7	1104,3	1119,9	1135,4	1150,9	1166,5	1182,0
28	1085,1	1100,6	1116,2	1131,7	1147,2	1162,7	1178,2
29	1081,6	1097,0	1112,5	1128,0	1143,5	1158,9	1174,3
30	1078,1	1093,5	1108,9	1124,3	1139,7	1155,1	1170,5
31	1074,6	1089,9	1105,3	1120,6	1136,0	1151,3	1166,7
32	1071,1	1086,4	1101,7	1117,0	1132,3	1147,6	1162,9
33	1067,6	1082,9	1098,1	1113,4	1128,6	1143,9	1159,2
34	1064,2	1079,4	1094,6	1109,8	1125,0	1140,2	1155,4
35	1060,8	1076,0	1091,1	1106,3	1121,4	1136,6	1151,7
36	1057,4	1072,5	1087,6	1102,7	1117,8	1133,0	1148,1
37	1054,1	1069,1	1084,2	1099,2	1114,3	1129,3	1144,5
38	1050,9	1065,7	1081,1	1095,8	1110,8	1125,8	1140,8
39	1047,7	1062,4	1077,3	1092,9	1107,3	1122,2	1137,2
40	1044,1	1059,0	1073,9	1088,9	1103,8	1118,7	1133,6